



## 저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

보건학석사 학위논문

# 다양한 식단에 따른 온실가스 배출량 과 건강 Co-Benefits 추정연구

The Health Co-benefits of Changing  
Dietary Greenhouse Gas Emissions (GHGe)  
through Dietary Scenarios in Korea

2016 년 2 월

서울대학교 보건대학원

보건학과 보건통계전공

설 은 혜

# 다양한 식단에 따른 온실가스 배출량 과 건강 Co-Benefits 추정연구

지도 교수 김 호

이 논문을 보건학석사 학위논문으로 제출함  
2015 년 11 월

서울대학교 보건대학원  
보건학과 보건통계전공  
설 은 혜

설은혜의 보건학석사 학위논문을 인준함  
2015 년 12 월

위 원 장 \_\_\_\_\_ 이 승 목 (인)

부위원장 \_\_\_\_\_ 정 효 지 (인)

위 원 \_\_\_\_\_ 김 호 (인)

## 초 록

기후변화에 대응하기 위해 세계는 온실가스 배출 감축을 위한 여러 가지 방안을 도모하고 있다. 이러한 기후변화 완화를 위한 정책은 대기 중 농도를 완화시킬 뿐만 아니라 인간 건강에도 잠재적으로 효과를 가져올 수 있다. 이를 공동편익(Co-benefits)이라 한다. IPCC 5차 보고서에서 제시하고 있는 공동편익의 범주 중 하나인 “다양한 건강결과에 유익한 영향을 주는 저탄소 건강 식이요법”은 육류식품 섭취 감소로 인해 이산화탄소 및 메탄 배출을 저감할 뿐만 아니라, 식물성 식품 섭취 증가로 인해 심장질환 및 대장암 발생위험을 감소시킬 수 있을 것이라 한다. 식품섭취를 통한 온실가스 배출량 추정 및 건강영향평가는 영국, 프랑스 등 유럽과 호주, 미국에서 연구가 활발히 진행되고 있지만, 우리나라에서는 현재까지 진행된 바가 없다.

따라서 본 연구에서는 탄소발자국 자료가 있는 음식을 중심으로 한국인의 식단 시나리오를 구성해보고, Baseline식단과의 비교를 통한 환경영향 평가와 건강 Co-benefits을 살펴보았다.

농업기술실용화 재단에서 제공받은 음식의 탄소발자국 자료를 이용하여 성인기 남자 30-49세를 대상으로 하루 식단 시나리오 여섯 개를 구성하였다. 기준이 되는 식단(Baseline)은 한국영양학회에서 제시하고 있는 권장식단 예시를 참고로 하였다. 식단 시나리오의 환경영향은 식단을 구성하는 각 음식들의 온실가스 배출량의 합(gCO<sub>2</sub>e)으로 나타난다. 식단 시나리오의 건강 Co-benefits은 Baseline 시나리오에 대비하여 식단 별로 하루 식품군 섭취량 변화에 따른 질병들의 상대위험도(Relative Risk)를 구하였다. 선택된 식이섭취 노출과 건강결과는 채소류 섭취량, 과일류 섭취량, 육류 섭취량의 변화가

관상동맥 심장질환, 뇌졸중, 제2형 당뇨병, 여러 가지 암 (구강암, 식도암, 위암, 대장암)에 미치는 관계이다.

식단시나리오의 온실가스 배출량 추정 결과, 하루 식사 섭취로 인한 온실가스 배출량은 대부분 생산단계에서 발생하고(78%), 수송단계가 차지하는 비율은 매우 작다(2%). 구성된 식단 중에서 육류가 전혀 포함되지 않는 채식위주의 식단(식단E, No Meat)에서 Baseline식단에 비해 10% 감소한, 가장 적은 온실가스 배출량을 나타내었다. 육류 섭취량이 많은 식단(식단F, High Meat)에서 가장 많은 온실가스 배출량은 Baseline식단에 비해 3.5배로 추정되었는데, 이는 육류의 생산단계에서 온실가스 배출량이 다른 식품군보다 크다는 것을 확인할 수 있다.

식단 시나리오의 건강영향 평가 결과, 적은 육류섭취(식단A, Low Meat)과 많은 채소섭취(식단B, High Vegetables)에서는 Baseline식단에 대비하여 질병마다 상대위험도가 1보다 높아지는 경우와 낮아지는 경우가 혼재하였다. 하지만, 많은 채소섭취와 육류섭취(식단C, High Vegetables, Low Meat)과 육류섭취가 전혀 없는 식단(식단E, No meat)에서는 Baseline에 대비하여 질병위험도가 모두 낮아진 반면, 적은 채소섭취와 많은 육류섭취(식단D, Low Vegetables, High Meat)과 많은 육류섭취식단(식단F, High Meat)에서는 모든 질병의 위험도가 모두 증가하였다.

구성된 하루 식단 시나리오들의 온실가스 배출량의 평균은 Baseline식단의 온실가스 배출량보다 2배가량 높으며, Baseline식단은 상대적으로 낮은 편에 속한다. 영양학적인 면을 고려하여 한국영양학회에서 제시한 권장 식단인 Baseline식단이 환경영향 측면에서도 바람직한 것을 알 수 있다.

본 연구에서는, Baseline식단과의 비교를 통한 환경 영향평가와 건강 Co-benefits을 살펴보았다. 온실가스 배출량과 건강영향 사이에는 대체적으로 온실가스 배출량이 많은 식단이 적은 식단보다는 질병의 상대위험도가 높아지는 것을 확인하였다. 하지만, 육류 섭취량이 전혀 없는 식단보다는, 조금의 육류섭취와 많은 채소류 섭취가 질병의 상대위험도는 낮아지고, 영양학적인 면에서도 바람직한 것으로 생각된다. 기후변화에 대응하기 위해, 영양학적인 면을 고려하면서 환경적으로 지속가능한(environmentally sustainable) 식단을 권장하기 위해서는 우리나라에서도 저탄소 식이요법의 Co-benefits에 대한 더 많은 연구가 필요하고, 본 연구는 앞으로의 연구에서 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

주요어 : 기후변화, 식단 시나리오, 온실가스 배출량, 건강 Co-benefits,  
공동편익

학 번 : 2014-23311

# 목 차

## 제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 필요성.....	1
1.2 연구목적.....	4

## 제 2 장 연구내용 및 방법

2.1 연구 대상 및 방법 .....	5
2.2 통계 분석.....	13

## 제 3 장 연구결과

3.1 식단 시나리오 구성.....	15
3.2 환경영향 추정 .....	20
3.3 건강 Co-benefits 추정.....	25
3.4 환경영향과 건강 Co-benefits .....	31

## 제 4 장 결론 및 고찰..... 33

## 부 록..... 39

## 참고 문헌..... 43

## Abstract..... 47

## 표 목차

표 1 . 음식의 탄소발자국 자료 .....	7
표 2. 식단 구성에 사용한 음식 76종.....	8
표 3. Dietary exposure과 Health outcome .....	12
표 4. 영양섭취기준 권장식단과 Baseline 식단 .....	15
표 5. 식단 시나리오의 음식 구성 .....	17
표 6. 식단 시나리오의 식품군 구성 .....	18
표 7. 식단의 영양성분 평가 (Nutritional Quality) .....	19
표 8. 식단의 환경영향 추정결과 (온실가스 배출량).....	21
표 9. 식단의 건강영향 추정 (Baseline식단에 대비한 Relative Risk 와 95% CI) .....	27
표 10. 식단의 환경영향과 건강 Co-benefits추정 결과 .....	31



## 그림 목차

그림 1. 식단의 환경영향 추정결과 (온실가스 배출량) .....	22
그림 2. 식단의 식품군 섭취량과 (채소류, 육류) 온실가스 배출량 .....	23
그림 3. 식단의 채소류 식품군 섭취량과 온실가스 배출량 .....	24
그림 4. 식단의 육류 식품군 섭취량과 온실가스 배출량.....	24
그림 5. 식단A, “Low Meat”의 건강영향 추정.....	28
그림 6. 식단B, “High Vegetables”의 건강영향 추정 .....	28
그림 7. 식단C, “High Vegetables, Low Meat”의 건강영향 추정	29
그림 8. 식단D, “Low Vegetables, High Meat”의 건강영향 추정	29
그림 9. 식단E, “No Meat”의 건강영향 추정 .....	30
그림 10. 식단F, “High Meat”의 건강영향 추정 .....	30
그림 11. 식단의 환경영향과 건강 Co-benefits추정 결과.....	32

# 제 1 장 서 론

## 1.1 연구의 배경 및 필요성

온실가스 배출로 인해 지구의 평균기온은 증가하고 있다. 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)에서 발표한 5차 보고서에 의하면 이러한 기후변화는 광범위하며 돌이킬 수 없는 영향을 끼칠 것이라고 한다 (IPCC, 2014). 이러한 기후변화에 대응하기 위해 세계는 온실가스 배출 감축을 위한 여러 가지 방안을 도모하고 있다. 기후변화 완화를 위한 정책은 보건, 생태계 등 사회·경제적 환경에서 서로 상보적 관계를 갖게 되는데 이를 편익관점에서 공동편익(Co-benefit)이라고 한다 (송창근 et al., 2011). 다시 말해, 온실가스 감축을 위한 정책이 대기 중 농도를 완화시킬 뿐만 아니라 인간 건강에도 잠재적으로 효과를 가져올 수 있다는 것이다. West et al. (2013)에 의하면, 미래 기후변화 시나리오를 통해 온실가스 배출량을 통제하게 되면 미세먼지와 오존 노출이 감소하면서 2050년까지 1300만명의 조기사망을 줄일 수 있고, 이러한 Co-benefits는 동아시아(East Asia)에서 더 크다고 보고하고 있다. 이러한 공동편익의 개념은 IPCC 5차 보고서에서 강조되고 있다. 공동편익의 범주의 하나로, 다양한 건강결과에 유익한 영향을 주는 저탄소 건강 식이요법은 육류식품 섭취감소로 인해 이산화탄소 및 메탄 배출을 저감할 뿐만 아니라, 식물성 식품 섭취 증가로 인해 심장질환 및 대장암 발생위험을 감소시킬 수 있을 것이라 제시한다 (Smith et al., 2014).

전체 온실가스 배출에서 식품이 차지하는 부분은 약 20-30%정도로 추정된다 (McMichael et al., 2007; Tukker et al., 2011; Vieux et al., 2012). 이 중 대부분은 농산물 생산 과정에서 배출된다고 한다. 전세계적으로 보면, 축산업을 포함한 농업부문(Agriculture)에서 야기되는 온실가스 배출이 전력생산(Power generation)과 운송(Transport)으로 인한 온실가스 배출보다

많다. 특히, 농작물 경작과 축산업에서 야기되는 온실가스의 종류를 살펴보면, 이산화 탄소보다 메탄과 이산화질소가 많은 부분 차지하고 있다 (McMichael et al., 2007). 메탄은 이산화탄소보다 기후변화에 훨씬 더 큰 영향을 미치는 온실가스이다. 이산화탄소를 1이라 하였을 때, 메탄은 21의 온난화지수를 가진다 (Houghton et al., 2001).

식품 중에서 온실가스 배출에 가장 큰 영향을 미치는 것은 육류이다. 2006년 FAO보고서(Steinfeld et al., 2006)에서는 축산업, 가축(Livestock)에서의 국제환경과 기후변화에 미치는 영향에 대해서 중점적으로 이야기하였다. 세계 인구가 증가할수록 육류의 섭취량은 점점 증가한다. 이 보고서에서는 전세계적으로 2000년 229백만톤의 육류섭취가, 2050년에는 465만톤으로 두 배로 증가할 것이라 예상하고, 유제품 섭취 또한 2000년 580만톤에서 2050년에는 1043만톤으로 두 배 증가할 것이라 이야기한다. 증가분의 대부분은 저소득, 중소득 국가에서 이루어진다. 실제로, 지난 10년간 중국에서의 육류섭취는 두 배 증가하였다. 가축을 기르기 위해서는 일단 많은 농지가 필요하다. 또한, 사료를 생산하는 것부터, 질소비료, 가축퇴비, 장 발효로 인해 발생하는 온실가스의 양은 상당하기에 Lancet에 게재된 McMichael et al. (2007)에서는 이를 줄이기 위해 주요 방법들을 제안하고 있다. 기술적으로 발전시켜 가축을 생산하기 위한 산림벌채를 줄이거나 유기농 기법을 사용해 온실가스 배출량을 줄이고, 메탄가스를 거름이나 바이오가스의 발전으로 연결시킨다거나, 이산화질소를 좀 더 유용한 질소산화물로 연결시킬 수 있을 것이라고 한다. 또한, 고소득 국가에서는 사람들의 식단을 적색육보다는 백색육 섭취로, 채식위주의 식단 변화로 육류섭취감소를 제안한다.

식품섭취를 통한 온실가스 배출량 추정은 영국, 프랑스 등 유럽과 호주, 미국에서 연구가 활발히 진행되고 있다 (Hendrie et al., 2014; Scarborough et al., 2014; Vieux et al., 2012; Yip et al., 2013). 뿐만 아니라,

식품섭취 변화를 통한 온실가스 배출량이라는 환경적인 영향과 건강에 미치는 영향을 함께 보는 Co-benefits 연구도 발표되고 있다. Aston et al. (2012)는 적색육과 가공육류(RPM, Red and processed meat)의 소비 감소로, 연간 28백만 톤의 탄소배출을 줄일 수 있고, 당뇨병과 대장암 위험을 감소시킨다고 하였다. Scarborough et al. (2012)는 The Committee on Climate Change(CCC)에서 제시한 환경적으로 지속 가능한 식이섭취 시나리오에 대해 심혈관계 질환과 암으로 인한 사망에 대한 건강영향을 살펴보았다. 최근에는 이전 연구처럼 육류섭취감소와 지중해식 식단패턴가정이 아니라, WHO 권장섭취량을 고려하여 현실적으로 가능한 식단 모델링을 통해 온실가스 배출 감축 가능성을 보고, 이 식단을 이용하여 심혈관계 질환, 뇌졸중, 암과 당뇨병 등에 미치는 건강영향을 살펴본 연구가 발표되었다 (Green et al., 2015; Milner et al., 2015),

하지만, 우리나라에서는 쇠고기, 포도주, 감자 등 단일 식품에 대한 온실가스 배출량 추정연구만 있을 뿐 (서구원, 2012; 성미애 et al., 2011; 소규호 et al., 2010) 우리나라의 하루 식사섭취에 따른 온실가스 배출량 추정연구도 진행된 바 없을 뿐만 아니라 그에 대한 건강영향을 함께 살펴본 연구는 존재하지 않는다. 따라서 본 연구는 한국인의 여러 가지 식단 시나리오에 따른 온실가스 배출량을 알아보고 동시에 건강영향에 대해서 추정해보고자 한다.

## 1.2 연구목적

본 연구의 목적은 식품섭취로 인한 온실가스 배출량과 함께 건강 Co-benefits를 추정하면서, 환경과 건강을 모두 고려하는 식사섭취를 제안하는 것이다.

이를 위한 구체적인 목적은 첫째, 한국인의 다양한 식단 시나리오를 구성해보고, 둘째, 온실가스 배출량으로 나타나지는 환경영향을 추정하고, 셋째, 식품군 섭취변화로 인한 질병의 상대위험도 계산을 통해 건강 Co-benefits을 추정해보는 것이다.

## 제 2 장 연구내용 및 방법

### 2.1 연구 대상 및 방법

#### 1) 음식의 탄소발자국 자료

온실가스 배출 감축을 위한 그 일환으로 탄소성적 표지 제도가 있다. 동물들이 발자국을 남기듯이 제품 생산부터 수송, 유통, 폐기과정까지 전 과정에서 발생하는 이산화탄소 배출량을 탄소발자국(Carbon Footprint)으로 표시한다. 탄소발자국은 2007년 영국에서 처음 도입되었고, 이후 프랑스, 독일, 일본 등에서도 도입하고 있다 (곽노성, 2011). 우리나라에서도 환경부에서 2009년부터 가공식품에 대해서 시행하고 있는 탄소성적 표지제도는 온실가스 배출량을 제품에 표기함으로써 소비자에게 정보를 제공한다. 법적 구속력을 가지지는 않지만, 기업의 환경경영실천과 마케팅에 활용함으로써 자발적 참여로 이루어지고 있다. 하지만 1차 농수축산물 및 임산물은 탄소성적표지 인증대상에서 제외되었다. 온실가스 배출량 산정을 위해서는 전과정평가(LCA, Life Cycle Assessment)가 필요하나, 데이터의 부재, 불확실성이 원인이라고 이야기할 수 있다 (김창길 et al., 2009). 전과정평가는 원료 획득부터 생산, 가공, 수송, 유통, 사용, 재활용, 폐기 과정 동안 소모되고 배출되는 에너지 및 물질목록을 구성하고, 환경에 미치는 영향을 평가하는 국제환경 규격이다. 농업부문의 전과정평가의 필요성은 지속적으로 제기되었고 (Deurer et al., 2011; 김창길 et al., 2009; 서구원, 2012) 농림축산식품부는 2012년부터 저탄소 농축산물 인증제의 시범운영을 준비하였으며, 2014년 농업기술실용화재단이 인증사업 운영기관으로 선정되어 저탄소 농축산물 인증제도를 수행하고 있다.

음식의 탄소발자국이란, 앞서 이야기한 전과정평가(LCA)를 이용하여 음식의 전과정, 즉 식재료 생산, 수송 및 음식 조리과정에서 발생하는 온실가스 배출량을 이야기한다. 온실가스 배출량은 온실가스 종류와 온난화 지수를 고려하여 이산화탄소 기준으로 환산하여 이산화 탄소 환산량(CO<sub>2</sub>e)으로 정량화한다.

다소비 음식으로 선정된 음식들에 대해 음식 별 탄소발자국을 계산한 자료를 농업기술실용화 재단으로부터 제공받을 수 있었다. 이는 농업기술실용화 재단의 연구사업으로 진행한 것으로, 우리나라에서 다소비 음식으로 선정된 음식에 대해 식재료 생산, 수송, 조리단계까지 전과정평가(LCA)방법을 이용하여 온실가스 배출량을 산정하였고, 폐기단계는 제외되었다. 식재료의 조리법은 농림수산식품부/문화체육관광부가 추진한 ‘한국음식 조리법 표준화 연구, 개발사업’에서의 결과물인 한국음식 표준조리법을 사용하였다 (한국전통음식연구소, 2008). 음식의 탄소발자국 자료 중 33종 음식의 온실가스 배출량 정보를 음식군별로 정리하면 다음과 같다 (표 1).

탄소발자국 자료가 있는 음식에 대한 영양정보를 얻기 위해 한국영양학회에서 개발한 영양프로그램, CAN-Pro 4.0을 이용하였다. 프로그램에 기본으로 내재된 음식에 대해 표준조리법을 참고하여 음식을 구성하는 식품명 및 식품 재료량을 변경하였다. 식단 구성에 사용된 음식의 종류는 총 76종으로, 밥류 8종, 국·탕류 10종, 찌개류 7종, 반찬류 28종, 면·죽류 7종, 채소·과일 14종, 후식 2종이다 (표 2).

표 1. 음식의 탄소발자국 자료 (출처: 농업기술실용화재단)

분류	음식명	온실가스(gCO <sub>2</sub> e/1인분)				조리 후 중량(g)
		생산단계	수송단계	조리단계	총합	
밥류	김밥	308	11	87	<b>406</b>	220
	현미밥	61	6	95	<b>161</b>	220
	보리밥	50	5	65	<b>120</b>	220
	콩밥	73	6	62	<b>140</b>	240
	비빔밥	1,294	18	113	<b>1,425</b>	410
	김치볶음밥	283	11	74	<b>369</b>	230
국,탕류	곰탕	8,312	22	1,402	<b>9,736</b>	500
	육개장	2,434	15	557	<b>3,005</b>	610
	갈비탕	4,480	15	557	<b>5,052</b>	570
	설렁탕	9,421	33	557	<b>10,011</b>	650
찌개류	순두부찌개	687	10	33	<b>730</b>	260
	달래된장찌개	271	6	94	<b>370</b>	220
반찬류	총각김치	50	4	3	<b>56</b>	70
	달걀후라이	129	3	10	<b>142</b>	55
	동치미	22	2	3	<b>27</b>	120
	깻잎장아찌	40	1	30	<b>72</b>	25
	무생채	27	4	0	<b>31</b>	65
	열무김치	152	5	6	<b>162</b>	80
	제육편육	350	6	162	<b>518</b>	70
	숙주나물	59	5	35	<b>99</b>	70
	오이생채	298	3	0	<b>301</b>	65
	잡채	447	5	106	<b>559</b>	100
	애호박나물	447	5	13	<b>465</b>	40
	달걀찜	134	3	51	<b>188</b>	135
	김치전	261	7	10	<b>278</b>	70
	오징어볶음	564	9	13	<b>586</b>	120
면류	국수장국	1,386	9	382	<b>1,777</b>	550
	해물칼국수	190	9	162	<b>361</b>	550
	물냉면	2,023	14	405	<b>2,441</b>	550
	비빔냉면	923	18	132	<b>1,073</b>	410
	비빔국수	1,233	12	69	<b>1,314</b>	420
죽류	호박죽	474	7	381	<b>862</b>	350
	팥죽	83	5	392	<b>480</b>	310



표 2. 식단 구성에 사용한 음식 76종

분류	음식명	분류	음식명	분류	음식명	분류	음식명	
밥류	쌀밥	찌개류	된장찌개	채소·과일	풋고추	반찬류	불고기	깻잎장아찌
	잡곡밥		김치찌개		상추		고등어구이	감자전
	김밥		청국장찌개		토마토		삼겹살	김치전
	현미밥		호박찌개		딸기		달걀후라이	오징어젓
	보리밥		생태찌개		참외		배추김치	쇠고기장조림
	콩밥		순두부찌개		수박		깍두기	고등어조림
	비빔밥		달래된장찌개		사과		총각김치	멸치조림
	김치볶음밥				배		동치미	콩조림
국·탕류	된장국	면·죽류	국수장국	후식	복숭아		열무김치	달걀찜
	미역국		해물칼국수		단감		닭볶음	제육편육
	콩나물국		물냉면		포도		제육볶음	콩나물
	쇠고기무국		비빔냉면		감귤		오징어볶음	시금치나물
	복어국		비빔국수		참다래		무생채	숙주나물
	오이냉국		호박죽				오이생채	잡채
	곰탕		팔죽					
	육개장							
	갈비탕							
	설렁탕							

## 2) 식단 시나리오 구성

전통적으로 한국인의 식사는 하루 세끼, 밥을 주식으로, 국이나 찌개와 반찬들로 구성된다. 반찬의 종류와 수에 따라, 3, 5, 7, 9, 12첩의 형식을 가지고 있으며, 반찬들은 김치, 구이, 볶음, 생채 등으로 조리법을 달리하여 재료, 색채감과도 조화를 이루도록 한다. 보건복지부에서 발표한 성인을 위한 식생활 지침에서는, 각 식품군을 매일 골고루 먹자고 이야기한다. 곡류, 어육·콩류, 채소류, 과일류, 우유류 식품군을 매일 다양하고 알맞게 먹어야 건강한 식생활이라 할 수 있다 (농촌진흥청, 2012).

본 연구에서는 밥, 국이나 찌개류와 3-4개의 반찬으로 한 끼 식사를 구성하였으며, 하루 아침, 점심, 저녁 세끼와 간식으로 식단 시나리오를 구성하였다. 식단 구성에 사용한 음식들은 탄소발자국 자료가 있는 음식들로 (표 2), 밥 중심 상차림 이외에, 김치볶음밥, 비빔밥 등 간편식 중심의 상차림, 국수장국, 냉면 등 면류 위주의 상차림으로도 구성해 볼 수 있었다.

한국영양학회는 성별, 생애주기별로 하루 권장 영양섭취기준을 제시하고 있다. 또한 탄수화물은 총 에너지의 55~70%, 단백질은 총 에너지의 7~20%, 지방은 15~25%를 섭취하는 것이 바람직하다고 한다 (보건복지부 et al., 2010). 본 연구에서는 성인기 남자 30-49세를 대상으로 하여, 에너지 하루 권장 섭취량 2400kcal 를 충족하고, 총 열량에 대한 3대 다량 영양소의 권장 열량 비율을 고려하여 식단을 구성하였다.

### 3) 환경 영향과 건강 Co-benefits 추정

식단 시나리오 별 환경 영향과 건강 Co-benefits를 추정하기 위해서는 기준(Baseline)이 되는 식단이 필요하다. 이전연구에서는 국가영양조사 결과인 평균섭취량을 baseline으로 하여 비교를 하고 있다. Vieux et al. (2012) 에서는 프랑스에서 2006-2007년 시행한 7일 간의 식사일기(Food diary)를 이용한 국가영양조사로 추정된 성인들의 식품섭취량을 기준으로 하였다. Green et al. (2015) 에서는 4일 간의 식사일기를 이용하는 영국 NDNS (UK National Diet and Nutrition Survey) 자료로 평균섭취량을 추정하여 식단비교에 사용하고 있다. 우리나라에도 1998년도부터 국민건강영양조사를 시행하고 있고 공개된 자료이다. 하지만 결과값을 baseline 식단으로 하여 환경 영향을 추정하기에는 어려움이 있다. 온실가스 배출량을 추정하기 위해서는 전과정 평가가 이루어져야 하는데 아직 우리나라 LCA 데이터베이스의 부재가 원인이다.

따라서, 본 연구에서는 Baseline 시나리오를 한국영양학회에서 제시하고 있는 성인기 남자의 권장식단 예시를 참고하여 탄소발자국 자료가 있는 음식 중 유사한 것으로 구성하였다.

식단 시나리오의 환경영향은 식단을 구성하는 각 음식들의 온실가스 배출량의 합(gCO<sub>2</sub>e)으로 나타난다. 음식이 식단에서 차지하는 열량에 맞추어 음식의 탄소발자국 자료에서 환산계수를 곱해주어 합한다. 식단 별로 생산단계, 수송단계, 조리단계에서의 온실가스 배출량 비율을 구하였다.

건강 Co-benefits은 Baseline 시나리오에 대비하여 식단 별로 하루 식품군 섭취량 변화에 따른 상대위험도(Relative Risk)를 구하였다. 이전

연구에서 식단의 건강영향을 정량화하기 위해 Exposure과 Health Outcome간에 문헌고찰을 통해 Meta-analysis한 결과를 사용하고 있다 (Milner et al., 2015; Scarborough et al., 2012). 본 연구에서는 Milner et al. (2015)에서 사용한 Dietary Exposure와 Health outcome의 관계를 사용하고자 한다 (표 3). 이는 세계암연구재단(WCER, World Cancer Research Fund)과 미국암연구협회(AICR, American Institute for Cancer Research) 에서 발표한 내용을 포함하고 있다. 다만, 본 연구에서는 가공육(Processed Meat)을 사용한 음식이 없으므로 제외하였다.

표 3. Dietary exposure과 Health outcome (Milner et al., 2015)

Dietary exposure	Health outcome	Relative risk	( 95% CI )						Source
Fruit	Coronary heart disease	0.93	( 0.89	to	0.96 )	per	80	g increase per day	Dauchet et al. (2006)
	Stroke	0.89	( 0.85	to	0.93 )	per	80	g increase per day	Dauchet et al. (2005)
	Oral cancer (mouth/pharynx/larynx)	0.72	( 0.59	to	0.87 )	per	100	g increase per day	WCRF. (2007)
	Oesophagus cancer	0.56	( 0.42	to	0.74 )	per	100	g increase per day	WCRF. (2007)
	Lung cancer	0.94	( 0.9	to	0.97 )	per	80	g increase per day	WCRF. (2007)
	Stomach cancer	0.67	( 0.59	to	0.76 )	per	100	g increase per day	WCRF. (2007)
Non-starchy vegetables	Coronary heart disease	0.89	( 0.83	to	0.95 )	per	80	g increase per day	Dauchet et al. (2006)
	Stroke	0.97	( 0.92	to	1.02 )	per	80	g increase per day	Dauchet et al. (2005)
	Oral cancer (mouth/pharynx/larynx)	0.72	( 0.63	to	0.82 )	per	50	g increase per day	WCRF. (2007)
	Oesophagus cancer	0.87	( 0.72	to	1.05 )	per	50	g increase per day	WCRF. (2007)
	Stomach cancer	0.7	( 0.62	to	0.79 )	per	100	g increase per day	WCRF. (2007)
Red meat	Colorectal cancer	1.29	( 1.04	to	1.6 )	per	100	g increase per day	WCRF. (2007)
	Type 2 diabetes	1.19	( 1.04	to	1.37 )	per	100	g increase per day	Pan et al. (2011)
	Stroke	1.21	( 1.1	to	1.33 )	per	100	g increase per day	Micha et al. (2010)
Processed meat	Colorectal cancer	1.21	( 1.04	to	1.42 )	per	50	g increase per day	WCRF. (2007)
	Type 2 diabetes	1.51	( 1.25	to	1.83 )	per	100	g increase per day	Pan et al. (2011)
	Coronary heart disease	1.37	( 1.11	to	1.68 )	per	50	g increase per day	Micha et al. (2010)

## 2.2 통계 분석

CAN-Pro 4.0을 이용하여 각 음식의 영양정보를 구한 다음, 구성된 식단의 영양정보를 계산하였다. 음식을 구성하고 있는 식품의 식품군 분류는 국민건강영양조사에서 사용하는 18개 식품군 분류를 사용하였으며, 식단 별로 18개 식품군별 섭취량 합계를 산출하였다.

식단의 건강영향은 Baseline 식단과 비교하여 식품군별로 섭취량 변화가 질병에 미치는 정도를 고려한다. 이 때, 식품섭취와 건강 결과 사이에는 로그 선형 관계가 (log-linear dose response relationship)인 것을 가정한다.

문헌고찰에서 어떤 식품군 섭취량이 하루  $x$  g 증가할 때의 한 질병의 상대위험도를  $RR_x$  이라고 하면, 식단 시나리오에서 Baseline 식단과의 식품군 섭취량 차이가  $k$  g 일 때의 상대위험도는 다음과 같이 구한다.

$$RR = \exp[\log(RR_x)/x \times k]$$

한 질병이 여러 식품군 섭취량 차이에 영향을 받을 때, 각 식품군 간 질병에 미치는 영향이 독립적이라는 가정하에 각각의 상대위험도를 곱하여 상대위험도( $RR_{combined}$ )을 산출한다 (Cleveland et al., 2014; Lopez et al., 2006).

$$RR_{combined} = RR_{exposure1} \times RR_{exposure2} \times RR_{exposure3} \cdots$$

식단 별로 8개 질병 (관상동맥 심장질환, 뇌졸중, 제2형 당뇨병, 설/인후/수두, 식도, 폐, 심장, 대장/직장 암)의 Baseline식단 대비

상대위험도를 계산하였다. 식단 별 비교를 위해 질병 상대위험도 결과값으로 메타분석을 시행하여 하나의 *pooled RR* 을 산출하였다. 메타분석에는 각 질병 별 상대위험도의 표준편차 역수와 우리나라에서의 질병원인 별 사망비율을 가중치로 하여 REML(Restricted maximum-likelihood estimator)방식을 사용하였다. 질병원인 별 사망은 통계청 2014년 사망원인통계자료(성별, 연령표준화 사망률)를 이용하였으며, 분석은 R software 3.2.0에서 metafor packages (Viechtbauer, 2010)를 사용하였다.

## 제 3 장 연구결과

### 3.1 식단 시나리오 구성

한국영양학회에서 제시하고 있는 성인기 남자 30-49세 권장식단 예시(권장 필요열량 2400kcal)를 표 4에 나타내었다. 탄소발자국 자료가 있는 음식 중 유사한 것으로 Baseline Scenario 구성하였다. 다양한 식단의 환경 영향 평가와 건강 영향을 평가하기 위해서는 기준이 필요하기에 그 기준은 한국영양학회에서 제시하는 표본 식단과 유사한 것으로 하였다. Baseline 식단의 총 열량은 2323kcal이다.

표 4. 영양섭취기준 권장식단과 Baseline 식단

	영양섭취기준 권장식단	Baseline Scenario
아침	쌀밥 계란국 호두멸치볶음 시금치나물 배추김치	쌀밥 달걀찜 멸치조림 시금치나물 배추김치
점심	흑미밥 콩나물김치국 고등어구이 가지나물 깍두기	현미밥 콩나물국 고등어구이 시금치나물 깍두기
저녁	잡곡밥 버섯된장국 돼지고기편육 채소쌈 미나리무침 김치볶음	잡곡밥 된장국 제육편육 상추 오이생채 열무김치
간식	백설기 우유 사과 바나나 오렌지쥬스	쌀밥 - 사과 배 감귤
에너지(Kcal)		2323



표 2에서 제시한 76종의 음식을 가지고 밥, 국·탕이나 찌개를 3-4개의 반찬으로 한 끼 식사를 구성하고 간식을 통해 과일을 섭취하는 것으로 하여 영양섭취기준을 고려하여 다양한 식단을 구성해보았다. 구성된 다양한 식단들 중에서 과일류, 채소류, 육류, 세 가지 식품군별 섭취량이 차이는 식단 6개를 선정하였고, 각 식단을 명명해보았다 (표 5, 표 6). 식단 별로 영양평가를 한 결과는 표 7와 같다.

식단 A - Low Meat

식단 B - High Vegetables

식단 C - High Vegetables, Low Meat

식단 D - Low Vegetables, High Meat

식단 E - No Meat

식단 F - High Meat

식단A는 “Low Meat”으로 육류 섭취량이 Baseline 식단 수준의 35%이며 총 열량은 2333kcal이다. 식단B는 “High Vegetables”으로 채소류 섭취량이 Baseline 식단 수준의 117%이며 총 열량은 2333kcal이다. 식단C는 “High Vegetables, Low Meat”으로 Baseline 식단 대비하여 채소류 섭취량은 127%, 육류 섭취량은 62%이다. 식단D는 “Low Vegetables, High Meat”으로 Baseline 식단 대비하여 채소류 섭취량은 77%, 육류 섭취량은 165%이다. 식단C와 식단D의 총 열량은 각각 2257kcal, 2342kcal이다. 식단E는 “No Meat”으로 육류 섭취가 전혀 없게 구성하였고, 식단F는 “High Meat”으로 육류 섭취가 Baseline 식단 대비하여 146%이다.

표 5. 식단 시나리오의 음식 구성

	A. Low Meat	B. High Vegetables	C. High Vegetables, Low Meat	D. Low Vegetables, High Meat	E. No Meat	F. High Meat
아침	쌀밥 된장국 배추김치 무생채 달걀후라이	김치볶음밥 된장국 동치미 콩조림 달걀찜	비빔밥 콩나물국 배추김치 콩조림 달걀찜	잡곡밥 미역국 총각김치 오징어젓 잡채 푼고추	쌀밥 콩나물국 동치미 무생채 시금치나물 고등어구이 매실차	쌀밥 불고기 배추김치 콩조림 시금치나물
점심	콩밥 달래된장찌개 콩조림 감자전 총각김치	국수장국 배추김치 김치전 무생채	비빔국수 깍두기 감자전 오이생채 식혜	보리밥 청국장찌개 배추김치 감자전 고등어구이	잡곡밥 된장국 깍두기 달걀후라이 감자전 식혜	잡곡밥 깍두기 닭볶음 콩나물 갯잎장아찌
저녁	잡곡밥 김치찌개 잡채 멸치조림 달걀찜 식혜	김밥 쇠고기무국 깍두기 쇠고기장조림	쌀밥 김치찌개 깍두기 숙주나물 동치미	쌀밥 쇠고기무국 제육편육 총각김치 갯잎장아찌 멸치조림	보리밥 달래된장찌개 고등어조림 총각김치 갯잎장아찌 무생채	쌀밥 설렁탕 배추김치 콩나물
간식	토마토 사과 복숭아 단감 매실차	사과 배 포도 팔죽	딸기 단감 포도 매실차	딸기 사과 배	딸기 사과 단감 식혜	참외 수박 식혜 호박죽
에너지 (Kcal)	2369	2333	2257	2342	2321	2307

표 6. 식단 시나리오의 식품군 구성

		Baseline	A. Low Meat	B. High Vegetables	C. High Vegetables, Low Meat	D. Low Vegetables, High Meat	E. No Meat	F. High Meat
채소류	섭취량(g)	607.5	557	712	773	468.5	689	579
	% of baseline levels		92%	<b>117%</b>	<b>127%</b>	<b>77%</b>	113%	95%
과실류	섭취량(g)	300	340	300	340	300	340	270
	% of baseline levels		113%	100%	113%	100%	113%	90%
육류	섭취량(g)	130	45	145	80	215	0	190
	% of baseline levels		<b>35%</b>	112%	<b>62%</b>	<b>165%</b>	<b>0%</b>	<b>146%</b>
에너지(Kcal)		2323	2369	2333	2257	2342	2321	2307

표 7. 식단의 영양성분 평가 (Nutritional Quality)

	A. Low Meat	B. High Vegetables	C. High Vegetables, Low Meat	D. Low Vegetables, High Meat	E. No Meat	F. High Meat
Energy (kcal/day)	2368.94	2332.84	2256.66	2342.26	2320.66	2306.93
Carbohydrate (% energy)	66.2%	62.4%	65.6%	57.8%	68.6%	68.4%
Protein (% energy)	15.1%	17.7%	14.8%	23.2%	15.9%	17.0%
Total fat (% energy)	18.7%	19.9%	19.6%	19.0%	15.5%	14.6%

## 3.2 환경영향 추정

Baseline식단과 6개 식단의 환경영향을 온실가스 배출량으로 나타낸 결과는 표 8, 그림 1과 같다. 식단의 온실가스 배출량은 식단을 구성하고 있는 음식의 식재료 생산 단계, 수송 단계, 음식의 조리과정에서 발생하는 온실가스 배출량을 합한 것과 같다.

Baseline식단은 생산 단계에서 1778.84 gCO<sub>2</sub>e (63%), 수송 단계에서 59.64 gCO<sub>2</sub>e (2%), 조리 단계에서 999.65 gCO<sub>2</sub>e (35%)의 온실가스 배출량을 나타내었으며, 총 합계는 2838.13 gCO<sub>2</sub>e이다.

구성한 식단의 온실가스 배출량은 평균 5832.63 gCO<sub>2</sub>e으로 Baseline식단보다 대체로 높다. 가장 작은 온실가스를 배출하는 식단은 식단E, “No Meat”으로, 생산: 수송: 조리단계 비율이 각각 61%: 3%: 36% 로 Baseline식단보다 11% 감소한 2539.73 gCO<sub>2</sub>e의 배출량을 나타낸다. 가장 많은 온실가스를 배출하는 식단은 식단F, “High Meat”으로, 생산: 수송: 조리단계 비율이 각각 87%: 1%: 12% 로 Baseline식단보다 3.45배 많은 9796.66 gCO<sub>2</sub>e의 배출량을 나타낸다.

식단의 온실가스 배출량 총합과 채소류 섭취량, 육류 섭취량의 관계를 3D scatter plot으로 살펴보면 그림2와 같다. 모든 축은 Baseline식단의 수치에 대한 상대적 추정량(%)으로 나타내었다. 그림3와 그림4은 각각 채소류 섭취량, 육류 섭취량을 x축으로, 온실가스 배출량을 y축으로 하는 2D scatter plot이다. 채소류 섭취량과 온실가스 배출량과는 큰 관계가 없는 반면, 육류 섭취량과 온실가스 배출량 사이에는 육류섭취가 증가할수록 온실가스 배출량이 크게 나타나는 양의 선형성을 가진다.

표 8. 식단의 환경영향 추정결과 ( 온실가스 배출량 )

	Baseline	A. Low Meat	B. High Vegetables	C. High Vegetables, Low Meat	D. Low Vegetables, High Meat	E. No Meat	F. High Meat
생산단계 (gCO <sub>2</sub> e)	1778.84 ( 63 % )	2174.24 ( 72% )	6756.23 ( 79% )	3840.66 ( 85% )	5434.43 ( 83% )	1548.12 ( 61% )	8562.12 ( 87% )
운송단계 (gCO <sub>2</sub> e)	59.64 ( 2 % )	66.89 ( 2% )	86.32 ( 1% )	72.45 ( 2% )	67.05 ( 1% )	73.85 ( 3% )	72.53 ( 1% )
조리단계 (gCO <sub>2</sub> e)	999.65 ( 35 % )	798.43 ( 26% )	1741.92 ( 20% )	582.95 ( 13% )	1037.83 ( 16% )	917.75 ( 36% )	1162.01 ( 12% )
총 합계 (gCO <sub>2</sub> e)	2838.13	3039.56	8584.47	4496.06	6539.31	2539.73	9796.66
( % of baseline level)		107%	302%	158%	230%	89%	345%

## Greenhouse gas emissions estimation

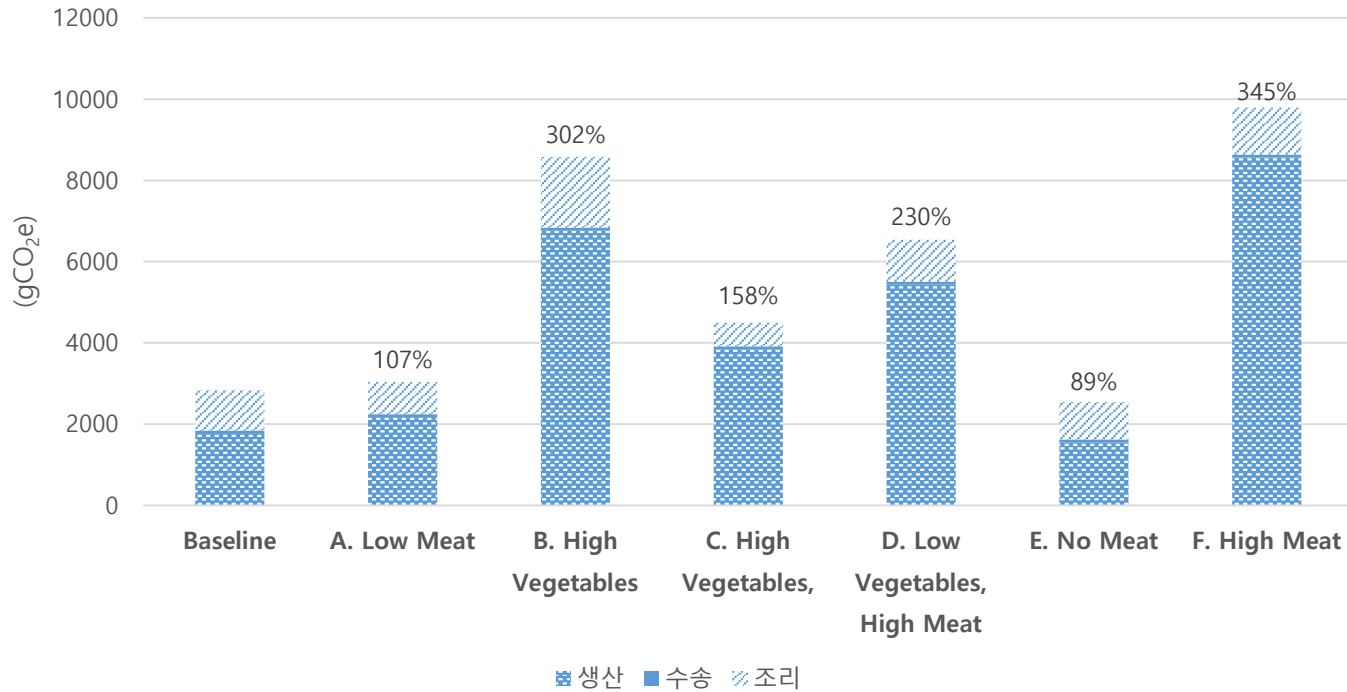


그림 1. 식단의 환경영향 추정결과 ( 온실가스 배출량 )

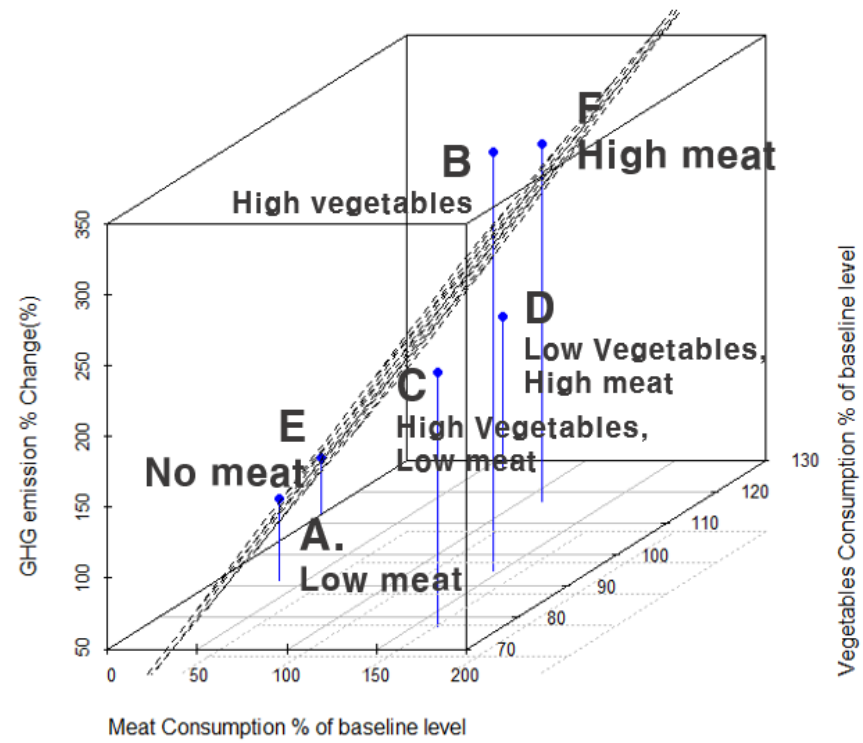


그림 2. 식단의 식품군 섭취량과 (채소류, 육류) 온실가스 배출량



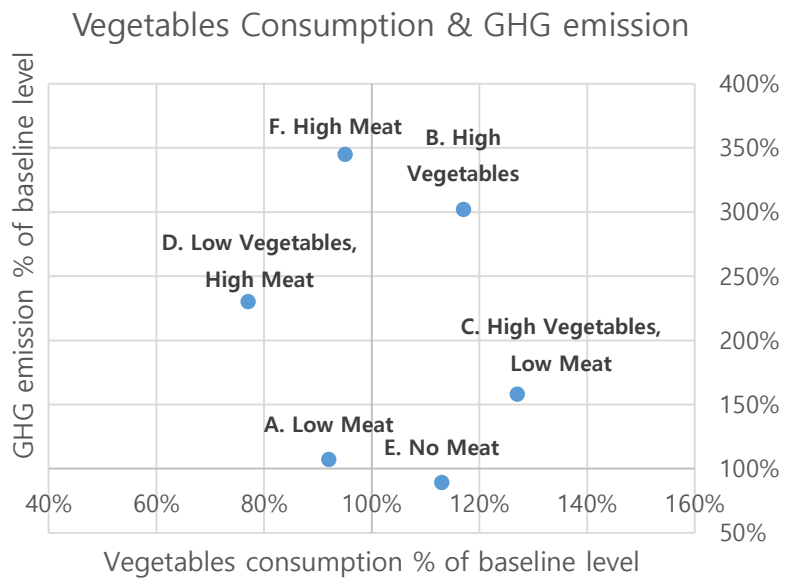


그림 3. 식단의 채소류 식품군 섭취량과 온실가스 배출량

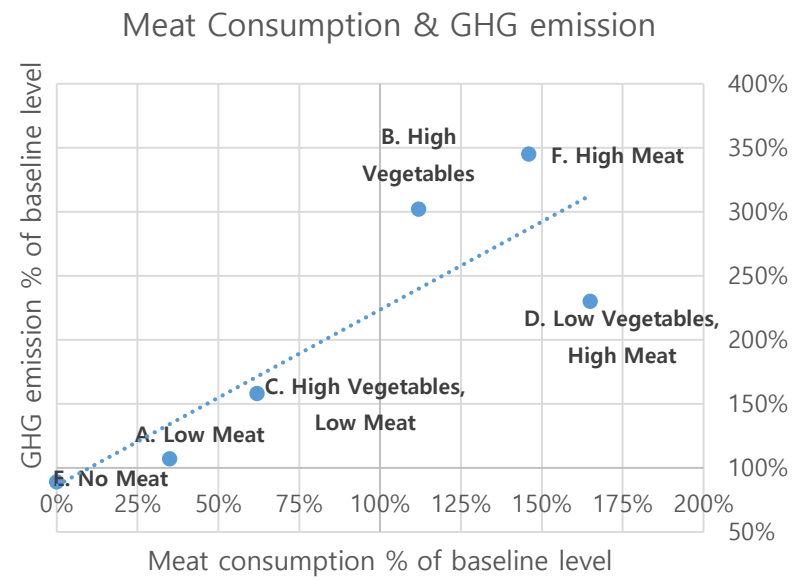


그림 4. 식단의 육류 식품군 섭취량과 온실가스 배출량

### 3.3 건강 Co-benefits 추정

식이섭취가 건강에 미치는 영향은 다양하다. 본 연구에서는 영양소 단위가 아니라 식품군 단위의 노출을 택하여 표 3에서 제시한 관계를 사용하여 건강 Co-benefits을 추정하였다. 채소류 섭취량, 과일류 섭취량, 육류 섭취량의 변화가 관상동맥 심장질환, 뇌졸중, 제2당뇨병, 여러 가지 암에 미치는 관계를 살펴보았다.

기준은 Baseline 시나리오로 하였으며, 하루 식단을 특정 기간 동안 유지한다고 하였을 때의 상대위험도(Relative Risks: RR)와 95% 신뢰구간(95% Confidence Interval: 95% CI)을 질병마다 산출하고, 메타분석을 통해 Pooled Relative Risk값을 구하여 정리하였다 (표 9). 다만, 표 3에서 제시한 과일류 섭취와 폐암(Lung Cancer)사이의 관계는 제외하였다. 나머지 7가지 질병들은 두 가지 이상 식품군 섭취와 관련되어있으나 폐암은 하나의 식품군 과일 섭취와만 관련이 있는 점, 식단 시나리오의 과일류 섭취가 Baseline 시나리오와 차이가 크게 나지 않는 점, 추정된 값의 분산이 작고, 우리나라에서 폐암으로 사망하는 비율이 높아 메타분석에서 가중치가 지나치게 커지는 문제가 있는 점이 그 이유이다.

식단A, “Low Meat”의 경우, 뇌졸중의 상대위험도는 0.818 (95 % CI: 0.748, 0.895), 제2형 당뇨병의 경우는 0.863 (95 % CI: 0.767, 0.970), 대장암의 상대위험도는 0.805 (95% CI: 0.671, 0.967) 으로 유의하게 1보다 낮은 반면, 구강암의 상대위험도는 1.226 (95 % CI: 1.050, 1.432), 유의하게 1보다 크다. 식단 B, “High Vegetables”의 경우, 관상동맥 심장질환의 상대위험도는 0.858 (95% CI: 0.785, 0.938), 구강암의 상대위험도는 0.502 (95% CI: 0.380, 0.662), 위암의 상대위험도는 0.688 (95% CI: 0.605, 0.781) 으로 유의하게 1보다 낮지만, 당뇨병과 대장암의 상대위험도는 각각 1.026 (95% CI: 1.005, 1.048) , 1.039 (95% CI: 1.006, 1.073)로 유의하게 1보다 높다. 상대위험도가

증가하는 질병과 감소하는 질병이 혼재하기 때문에, 여러 질병을 메타분석한 결과는 유의하지 않으며, 식단A의 경우, 0.960 (95% CI: 0.816, 1.130), 식단 B의 경우, 0.958 (95% CI: 0.763, 1.205)의 값으로 모두 1에 근접하다.

식단C, “High Vegetables, Low Meat”의 경우, 7개 질병 모두 유의하게 1보다 낮은 상대위험도를 보인다. 그 중 구강암 (RR: 0.295, 95% CI: 0.189, 0.459), 위암 (RR: 0.471, 95% CI: 0.383, 0.580)으로 0.5보다 낮은 상대위험도를 나타내었다. 식단 D, “Low Vegetables, High Meat”의 경우, 7개 질병 모두 1보다 높은 상대위험도를 보인다. 그 중 구강암의 상대위험도가 2.492 (95% CI: 1.728, 3.595)로 가장 높아지는 것을 알 수 있다. 여러 질병을 메타분석한 결과는 식단C의 경우, 0.788 (95% CI: 0.549, 1.131)으로 1보다 낮지만 넓은 신뢰구간을 가져 유의하지 않지만, 식단D의 경우 1.257 (95% CI: 1.014, 1.559)으로 유의하게 1보다 크다.

식단E, “No Meat”의 경우, 7개 질병 모두 1보다 유의하게 낮은 상대위험도를 보인다. 그 중 구강암의 상대위험도 (RR: 0.512, 95% CI: 0.407, 0.644)가 가장 낮다. 메타분석한 결과는 0.783 (95% CI: 0.651, 0.940)로 유의하게 1보다 낮다. 식단F, “High Meat”의 경우, 7개 질병에서 1보다 높은 상대위험도를 가진다. 그 중 뇌졸중, 구강암, 위암의 경우 유의하게 1보다 높다. 메타분석한 결과는 1.119 (95% CI: 1.021, 1.227)로 유의하게 1보다 높음을 알 수 있다.

표 9. 식단의 건강영향 추정 ( Baseline식단에 대비한 Relative Risk 와 95% CI )

	A. Low Meat	B. High Vegetables	C. High Vegetables, Low Meat	D. Low Vegetables, High Meat	E. No Meat	F. High Meat
Coronary heart disease	1.039 ( 0.991 , 1.089 )	0.858 ( 0.785 , 0.938 )	0.757 ( 0.657 , 0.872 )	1.224 ( 1.089 , 1.377 )	0.856 ( 0.797 , 0.919 )	1.072 ( 1.042 , 1.103 )
Stroke	0.818 ( 0.748 , 0.895 )	0.989 ( 0.923 , 1.060 )	0.805 ( 0.715 , 0.907 )	1.240 ( 1.099 , 1.399 )	0.714 ( 0.623 , 0.818 )	1.184 ( 1.113 , 1.260 )
Type 2 diabetes	0.863 ( 0.767 , 0.970 )	1.026 ( 1.005 , 1.048 )	0.917 ( 0.856 , 0.982 )	1.159 ( 1.031 , 1.303 )	0.798 ( 0.667 , 0.954 )	1.110 ( 1.022 , 1.206 )
Oral cancer (mouth/pharynx/ larynx)	1.226 ( 1.050 , 1.432 )	0.502 ( 0.380 , 0.662 )	0.295 ( 0.189 , 0.459 )	2.492 ( 1.728 , 3.595 )	0.512 ( 0.407 , 0.644 )	1.335 ( 1.213 , 1.470 )
Oesophagus cancer	0.914 ( 0.731 , 1.143 )	0.746 ( 0.502 , 1.109 )	0.499 ( 0.264 , 0.944 )	1.473 ( 0.872 , 2.488 )	0.631 ( 0.454 , 0.877 )	1.290 ( 1.123 , 1.482 )
Stomach cancer	1.022 ( 0.943 , 1.107 )	0.688 ( 0.605 , 0.781 )	0.471 ( 0.383 , 0.580 )	1.642 ( 1.387 , 1.943 )	0.636 ( 0.569 , 0.711 )	1.251 ( 1.187 , 1.317 )
Colorectal cancer	0.805 ( 0.671 , 0.967 )	1.039 ( 1.006 , 1.073 )	0.880 ( 0.791 , 0.981 )	1.242 ( 1.034 , 1.491 )	0.718 ( 0.543 , 0.950 )	1.165 ( 1.024 , 1.326 )
Pooled	0.960 ( 0.816 , 1.130 )	0.958 ( 0.763 , 1.205 )	0.788 ( 0.549 , 1.132 )	1.257 ( 1.014 , 1.559 )	0.783 ( 0.651 , 0.940 )	1.119 ( 1.021 , 1.227 )

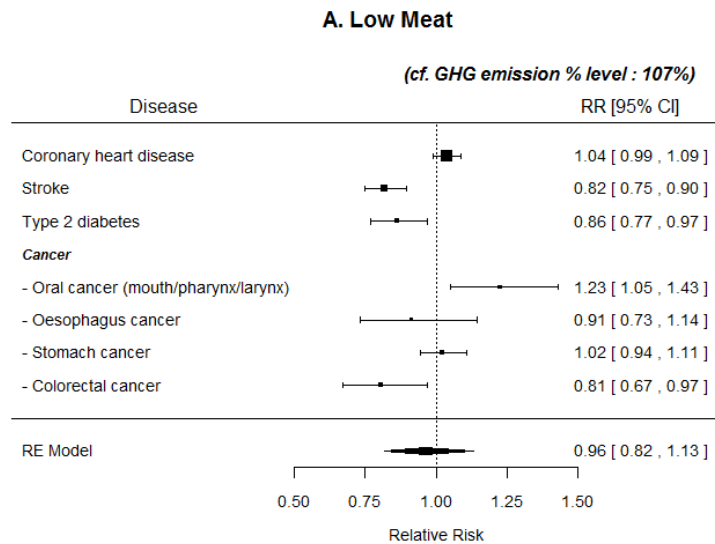


그림 5. 식단A, “Low Meat”의 건강영향 추정

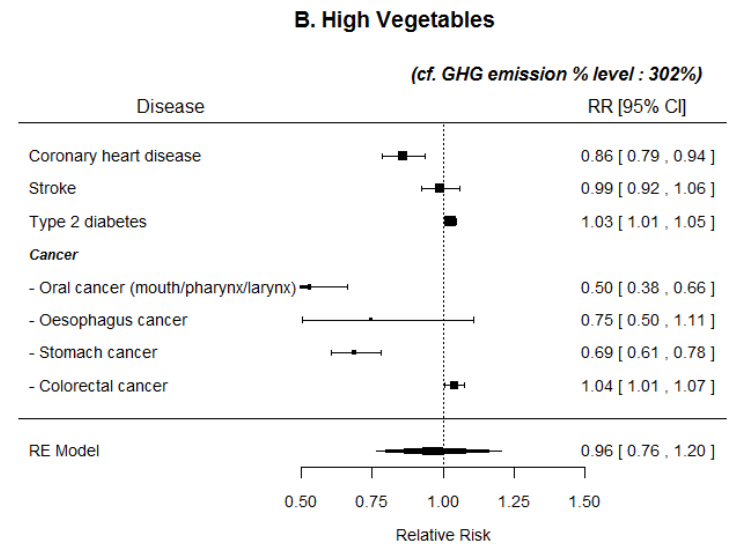


그림 6. 식단B, “High Vegetables”의 건강영향 추정

### C. High Vegetables, Low Meat

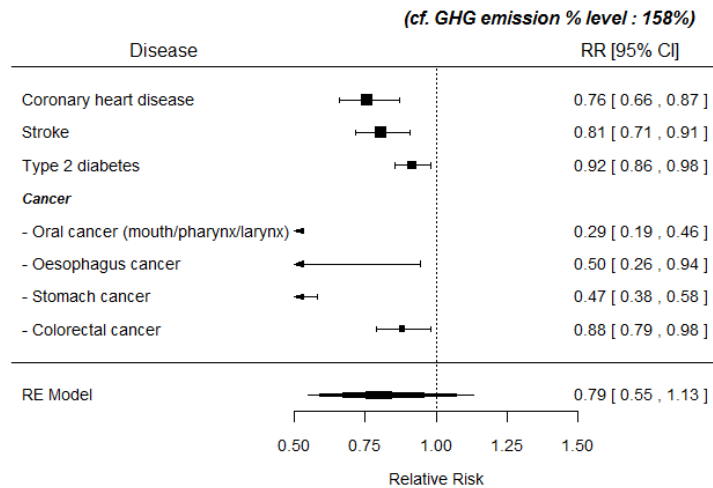


그림 7. 식단C, “High Vegetables, Low Meat”의 건강영향 추정

### D. Low Vegetables, High Meat

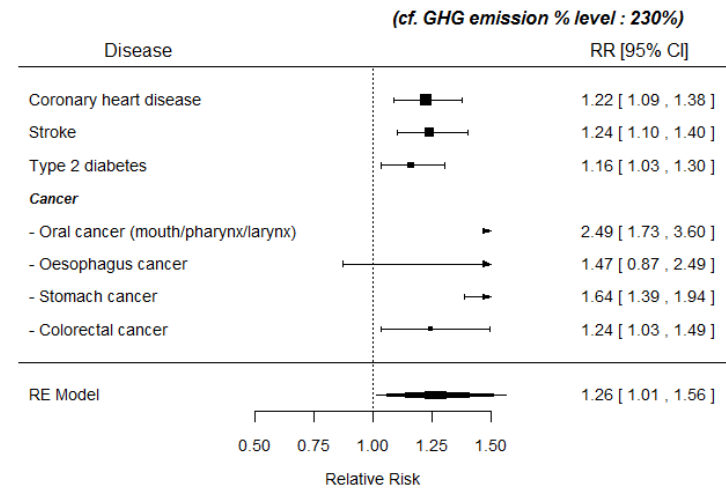


그림 8. 식단D, “Low Vegetables, High Meat”의 건강영향 추정

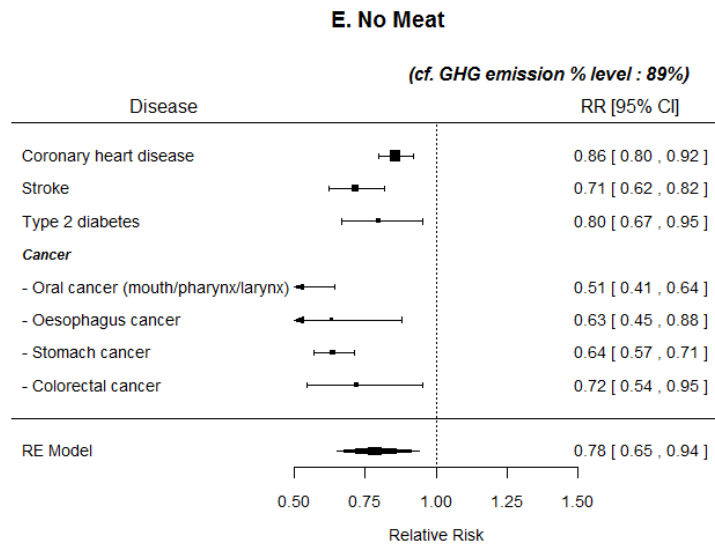


그림 9. 식단E, “No Meat”의 건강영향 추정

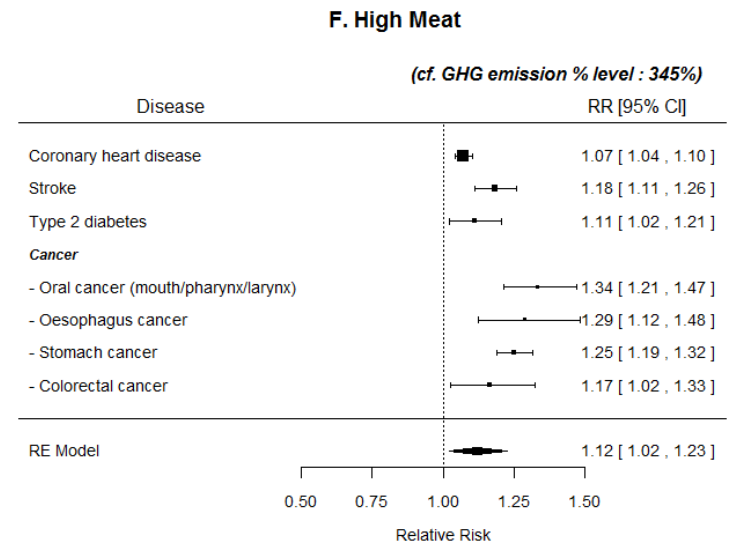


그림 10. 식단F, “High Meat”의 건강영향 추정

### 3.4 환경영향과 건강 Co-benefits

3.2와 3.3에서 살펴본 6가지 시나리오 별 환경영향과 건강영향을 함께 살펴보면 표 10와 같다. 환경영향은 Baseline 식단의 온실가스 배출량 총합 추정치를 100으로 보았을 때의 % level을 나타내었고, 건강영향은 Baseline 식단 섭취와 대비하여 여러 가지 질병의 상대위험도를 메타분석한 결과를 95% 신뢰구간과 함께 나타내었다.

표 10. 식단의 환경영향과 건강 Co-benefits추정 결과

	환경 영향	건강 영향		
	GHG emissions (% of baseline level)	Relative Risk	(95 % Confidence Interval)	
Baseline	100%			
A. Low Meat	107%	0.960	( 0.816 ,	1.130 )
B. High Vegetables	302%	0.958	( 0.763 ,	1.205 )
C. High Vegetables, Low Meat	158%	0.788	( 0.549 ,	1.132 )
D. Low Vegetables, High Meat	230%	1.257	( 1.014 ,	1.559 )
E. No Meat	89%	0.783	( 0.651 ,	0.940 )
F. High Meat	345%	1.123	( 1.021 ,	1.227 )

그림 8은 환경영향, Baseline식단 기준의 상대적 추정치로 온실가스 배출량을 y축으로 하고, 건강영향, Baseline식단 섭취와 대비한 여러 가지 질병의 상대위험도를 메타 분석한 결과를 x축으로 한 그래프이다.



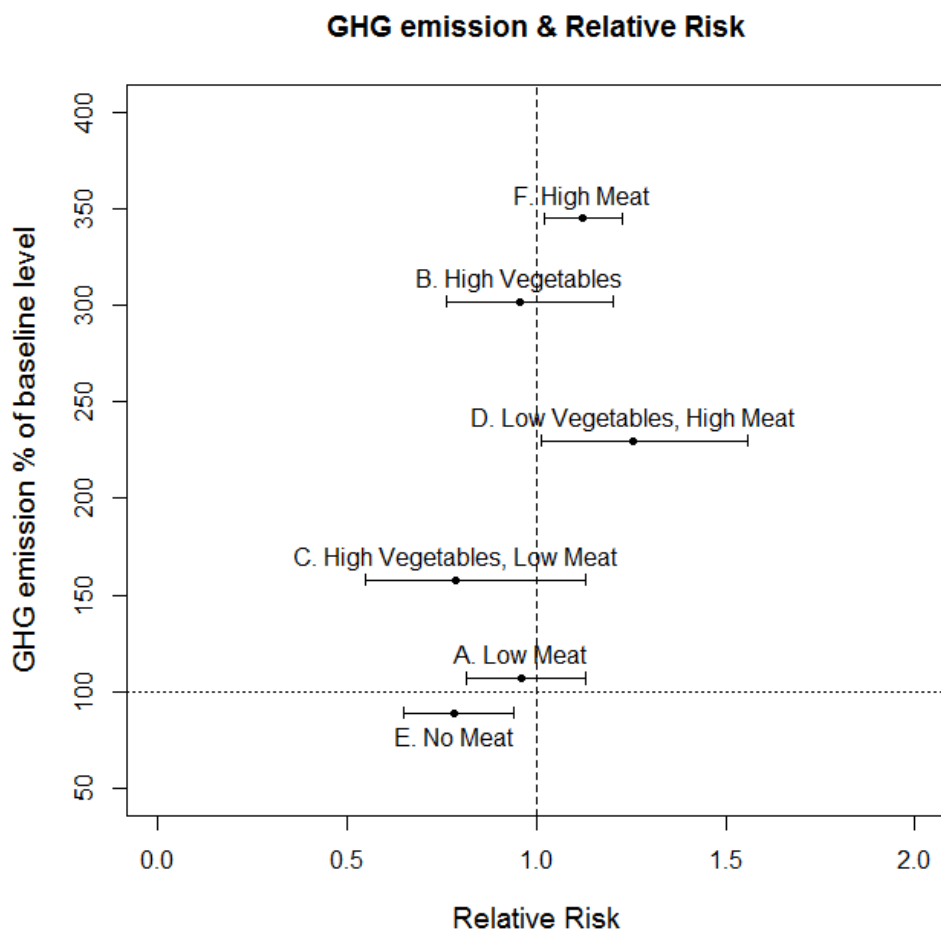


그림 11. 식단의 환경영향과 건강 Co-benefits추정 결과

## 제 4 장 결론 및 고찰

본 연구에서는 탄소발자국 자료가 있는 음식을 중심으로 식단 시나리오를 구성해보고, Baseline식단과의 비교를 통한 환경영향평가와 건강 Co-benefits을 살펴보았다.

여섯 개의 시나리오는 하루 권장 열량과 3대 다량영양소 섭취 비율을 충족하는 현실적인 하루 식단이다. 단순히 식품군 수준으로 육류 섭취량을 늘리거나, 채소류 섭취를 감소시킨 것이 아니라, 우리가 섭취하는 음식, 상차림 구성을 바꾼 하루 식단 시나리오이다. 육류섭취만을 줄인다면, 전체 식사섭취에서 전체 열량과 단백질 필요량이 충족하지 못하므로, 다른 식품군의 조정이 함께 필요하다. 본 연구는 밥, 국, 반찬의 상차림 구성을 바꾼 현실적인 하루 식단 시나리오들의 환경과 건강영향을 살펴보았기에 그 의의가 있다.

구성한 식단 시나리오의 현실성을 파악하기 위해서 우리나라 식사패턴(Dietary pattern)에 대해 발표된 연구를 살펴보았다 (Cho et al., 2011; Hong et al., 2012; Kim et al., 2011; Song et al., 2012). 한 개인이 단일 영양소 혹은 단일 식품만을 섭취하는 것이 아니므로, 여러 식품의 조합으로 형성되는 식사패턴 분석을 통해 식사의 통합적인 특성을 파악하여 식사요인과의 질병과의 관련성을 파악할 수 있다. Song et al. (2012)는 국민건강영양조사 자료를 이용한 군집분석을 통해 세 개의 식사패턴, (1) Traditional, (2) Meat & Alcohol, (3) Korean Healthy 과 대사증후군과의 연관성을 이야기한다. 식사패턴마다 특징적인 23개의 식품군(Food group)에서의 에너지 섭취량 비율을 살펴보면 (표 A1), 조사대상의 절반 이상이 속한 Traditional 식사패턴은 백미(White Rice)를 통한 에너지 섭취량이 60% 가량인 것이 특징이다. 15.8%가 해당하는 Meat & Alcohol 식사패턴은 높은 고기류(Meat & its products)와 알코올 음료(Alcohol) 섭취를 나타내고, 33.8%가 해당하는 Korean Healthy

식사패턴은 탄수화물, 단백질, 지방의 에너지 섭취량 비율이 적절하고 다양한 식품군을 섭취하는 것이 특징이다. 본 연구의 분석에서 사용한 18개 식품군 분류가 아닌, 위 연구에서 사용한 23개 식품군 분류를 사용한 결과를 식사패턴과 비교하여 부록에 나타내었다 (표 A2). 다만, 본 연구에서는 유제품(Milk & dairy products)과 알코올 음료(Alcohols)는 포함하고 있지 않다. 식단D, “Low Vegetables, High Meat”는 Meat & Alcohol 식사패턴과 높은 육류 섭취에서 유사한 것을 볼 수 있고, 식단C, “High Vegetables, Low Meat”은 Korean Healthy 식사패턴에 속하는 것으로 볼 수 있다. 여섯 개 식단 시나리오의 평균값은 Korean Healthy 식단패턴과 크게 벗어나지 않음을 확인 할 수 있다. 이는 식단 시나리오 구성단계에서 3대 다량영양소 섭취 비율을 충족하고자 하고 다양한 식품군 섭취를 고려한 결과로, 여섯 개의 식단 시나리오는 우리나라 식사섭취 패턴과 크게 다르지 않다고 이야기할 수 있다.

식단 시나리오의 환경영향은 생산단계에서의 온실가스 배출량, 수송단계에서의 온실가스 배출량, 조리단계에서의 온실가스 배출량으로 나타난다. 생산단계의 온실가스 배출량은 전체 배출량에서 식단 별로 최소 61%, 최대 87%로 평균 77.8% 차지한다. 수송단계에서는 최소 1%, 최대 3%로 평균 1.7% 차지하고, 조리단계에서는 최소 12%, 최대 36%로 평균 20.5% 차지한다. 하루 식사 섭취로 인한 온실가스 배출량은 대부분 생산단계에서 발생하고, 수송단계가 차지하는 비율은 매우 작다. 구성된 식단 중에서 가장 적은 온실가스 배출량을 나타내는 식단E, “No Meat”은 Baseline식단 보다 10% 감소한 배출량이며, 생산단계가 차지하는 비율이 가장 작고, 조리단계에서 차지하는 비율이 가장 크다. 반면에, 식단 중에서 가장 큰 온실가스 배출량을 나타내는 식단F, “High Meat”는 생산단계가 차지하는 비율이 가장 크고, 조리단계가 차지하는 비율이 가장 작다. 식단E와 식단F의 가장 큰 차이인 육류 섭취량과 연관성에서 기인된 것으로 보인다. 육류의 온실가스 배출량은 생산단계에서 가장 크고, 높은 것으로 알려져 있다. 그림 3, 그림 4에서 보는 바와 같이

채소류 섭취량과 온실가스 배출량은 크게 관련성이 없지만, 육류 섭취와 온실가스 배출량 사이에는 약한 선형관계가 보인다. 비록 식단F, “High Meat”보다 식단D, “Low Vegetables, High Meat”의 육류 섭취량이 더 많지만, 온실가스 배출량은 식단F, “High Meat”가 더 크다.

식단 시나리오의 건강영향을 살펴보면, 식단A, “Low Meat”와 식단B, “High Vegetables”의 경우 질병마다 상대위험도가 1보다 큰 경우도 있고, 작은 경우도 있다. 예를 들면, 식단A, “Low Meat”을 Baseline식단과 비교해서 뇌졸중, 당뇨병의 위험성은 작아지지만, 구강암의 위험성은 증가하는 것이다. 우리나라에서의 질병 사망률과 분산을 가중치로 하여 메타분석한 결과 식단A, B 모두 약 0.96으로 1에 근접한 결과를 가진다. 하지만 넓은 95% 신뢰구간으로 Baseline식단보다 건강에 유해하다고 판단할 수는 없다. 이에 비해서 식단C, “High Vegetables, Low Meat”과 식단D, “Low Vegetables, High Meat”는 각각 모든 질병에서 일관되게 1보다 작거나 크다. 일반적으로, 채소, 과일 섭취의 증가는 심혈관계, 뇌졸중 등의 질병 위험도를 낮추고, 고기류 섭취 증가는 대장암, 질병위험도를 증가시키는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서 사용한 식사섭취와 질병과의 관계 (Dietary exposure - response pathway (표 3)) 또한 이를 반영하고 있다. 극단적으로 고기류 섭취를 없앤 식단인 식단E, “No Meat”의 경우, 메타분석한 결과가 0.783 (95% CI: 0.651, 0.940) 으로 식단C, “High Vegetables, Low Meat”의 결과 0.788 (95% CI: 0.549, 1.132)으로 크게 차이가 나지 않는다.

그림 11에서 보는 바와 같이, 구성된 식단 시나리오에서의 환경영향과 건강 Co-benefits을 추정한 결과를 함께 살펴보면, 여섯 가지 식단 중에서 Baseline식단보다 작은 온실가스 배출량을 나타내는 것은 식단E, “No Meat” 하나 뿐이다. 여섯 가지 식단의 온실가스 배출량 평균값은 5832.63 gCO<sub>2</sub>e 인 반면, Baseline식단의 온실가스 배출량은 2838.13 gCO<sub>2</sub>e으로 상대적으로 낮은 편에 속한다. 우리나라 성인들의 평균섭취량에 대한 온실가스 배출량 추정이 불가능한 상황이지만,

Baseline 식단보다는 다소 높을 것으로 생각된다. 한국영양학회에서 제시한 권장식단인 Baseline 식단은 영양학적인 측면에서만뿐만 아니라, 환경영향 측면에서도 바람직한 것으로 보인다.

본 연구에서 이용한 음식의 탄소발자국 자료 (표 1)을 살펴보면, 생산단계, 수송단계, 조리단계로 구성되는 온실가스 배출량에서 수송단계의 추정치가 생산, 조리단계에 비해 매우 적은 것을 알 수 있다. 이 자료를 이용한 식단 시나리오의 환경영향은 수송단계가 전체 단계에서 평균 1.7% 밖에 차지 하지 않는다. 하지만 이는 상당히 과소추정된 것으로 보이며, 실제 식품의 탄소발자국에서 수송 부분이 차지하는 비율은 이보다 크다고 알려져 있다. 탄소발자국과 함께 쓰이는 용어로 푸드 마일리지(Food miles)는 식품의 수송 단계만을 고려한 것으로, 식품이 생산된 곳에서 최종 소비되는 곳까지의 수송거리를 계산함으로써 환경에 미치는 영향을 나타내는 지표이다 (서구원, 2012; 성미애 et al., 2011). 장거리 수송을 거치게 되면 탄소배출량이 증가하므로, 생산지와 소비지까지의 거리를 좁혀 수송에 의한 환경영향을 줄이자는 로컬 푸드(Local Food) 개념도 존재할 만큼 식품의 환경영향에서 수송단계가 무시되어서는 안된다. 영국 Food Climate Research Network (FCRN)에서 발표한 보고서인 Garnett (2008)에서는 식품이 전체 온실가스의 18.4%를 차지한다고 한다. 표 A3과 같이 식품 공급사슬 (Food Supply Chain)에서의 온실가스 영향에 대해 각 단계별로 차지하는 비율을 제시하고 있다. 본 연구에서는 가공식품을 고려하지 않으므로, Food manufacturing, Packaging 등의 단계를 제외하고, 생산단계를 Agriculture, Fertiliser manufacture, 수송단계를 Transport, 조리를 Home food related라고 한다면 생산, 수송, 조리단계의 비율은 68%, 18%, 14%에 해당한다 (표 A4). 기존 탄소발자국 자료에서 생산, 수송, 조리단계의 비율이 85%, 1%, 14% 인 것과는 매우 큰 차이가 난다. 과소추정된 값을 보정해 주기 위해 문헌과 동일한 비율을 가지게끔 수송단계와 조리단계에 보정인자 (각각 24.04, 1.22)를 곱해

주었다 (표 A5). 수정된 탄소발자국 자료를 가지고 동일한 방법으로 식단 시나리오의 환경영향을 살펴본 결과는 표 A6과 같다. 이전 결과에 비해 온실가스 배출량 추정치는 1.5배에서 2배 가량 증가하였고, 생산 수송, 조리단계 비율 평균이 각각 77.8%, 1.7%, 20.5%에서 53.3% 30.7% 16.2%로 변화하였다. Baseline식단 온실가스 배출량도 함께 증가하였으므로 식단 별 비교는 이전과 유사하다. 구성한 식단 중에서 가장 적은 온실가스 배출량을 나타내는 식단E, “No Meat”은 식단 중에서 생산단계가 차지하는 비율은 32%로 가장 작고, 수송단계가 차지하는 비율이 46%로 가장 크다. 반면, 식단 중에서 가장 큰 온실가스 배출량을 나타내는 식단F, “High Meat”는 식단 중에서 생산단계가 차지하는 비율이 가장 크고 (71%), 수송단계가 차지하는 비율이 가장 작다(17%). 이는 육류의 온실가스 배출량이 생산단계에서 가장 크기 때문이라는 이전 결과와 동일한 결론을 얻을 수 있다.

탄소발자국 자료가 있는 음식 76종 중 채소와 과일 단일식품을 제외하고는 대부분 한국 음식이다. 전통적인 한국 상차림에 맞춰 밥을 주식으로 하는 한끼 식단으로 구성하였지만, 현대사회에서 식생활의 서구화, 아침밥 결식이 문제가 되고 있는 상황을 반영하지 못하였다고 볼 수 있다. 또한, 매실차와 식혜를 제외하고는 우유, 커피를 포함한 음료류에 대한 정보는 없기 때문에, 식단 시나리오에 포함시키지 못하였다. 보건복지부에서는 하루에 한 컵 이상의 우유를 섭취를 권고하고 있으며, 우유는 칼슘의 중요한 공급원이기 때문에 모든 식단 시나리오에서 제외되었다고 한다면, 식단 비교 및 영향평가에는 크게 문제가 되지 않는다.

한편, 건강영향을 추정하기 위해 사용한 식이섭취변화와 질병과의 관계는 식단변화가 즉시 채택되고, 지속적으로 일어났을 때라는 가정이 필요하다. 식단 중재(Dietary Intervention)가 일어났을 때 질병의 발현은 암 이외의 질병은 약 10년 이후, 암의 경우 약 30년 정도 소요된다고 한다 (Milner et al., 2015). 영양역학에서 개인의 영양상태를 파악하기 위해

실시하는 영양평가방법인 24시간 회상법(24-hrs recall)이나 식사일기(Food diary)는 1일 혹은 3일간의 식사섭취가 지난 수년간 개인의 식사섭취를 대표한다는 가정으로 실시한다. 본 연구에서 식단 시나리오는 하루 세끼를 특정 국, 밥, 반찬으로 구성하고 있다. Baseline식단에 대비하여 변화된 하루 세끼 식사가 수년간 지속된다는 가정하에 질병의 상대위험도가 추정될 수 있다. 매일 세끼를 같은 국, 같은 반찬으로 지속적으로 먹을 수는 없지만, 24시간 회상법(24-hrs recall)이나 식사일기(Food diary)에서 가정하는 바와 동일하게, 1일 간의 식사섭취가 식품군 측면이나 영양소 측면에서 지난 수년간, 혹은 앞으로의 식사섭취를 대표한다고 가정할 수 있을 것이다.

본 연구에서는, Baseline식단과의 비교를 통한 환경 영향평가와 건강 Co-benefits을 살펴보았다. 온실가스 배출량과 건강영향 사이에는 대체적으로 온실가스 배출량이 많은 식단이 적은 식단보다는 질병의 상대위험도가 높아지는 것을 확인하였다. 하지만, 육류 섭취량이 전혀 없는 식단보다는, 조금의 육류섭취와 많은 채소류 섭취가 질병의 상대위험도는 낮아지고, 영양학적인 면에서도 바람직한 것으로 생각된다. 기후변화에 대응하기 위해, 영양학적인 면을 고려하면서 환경적으로 지속가능한(environmentally sustainable) 식단을 권장하기 위해서는 우리나라에서도 저탄소 식이요법의 Co-benefits에 대한 더 많은 연구가 필요하고, 본 연구는 앞으로의 연구에서 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

## 부 록

표 A1. 한국성인들의 식단패턴 별 식품군 에너지 섭취 비율 (Song et al., 2012)

Food groups ( % energy )	<i>Traditional</i> (n=2384)		<i>Meat &amp; Alcohol</i> (n=748)		<i>Korean Healthy</i> (n=1599)	
	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
White rice	<b>60.3</b>	± 12.5	27.1	± 11.3	27	± 11.6
Other grain	3.9	± 5.8	3.8	± 6.1	9.7	± 13.2
Noodle & dumpling	0.9	± 4.1	2.1	± 5.7	14.1	± 16.8
Flour & bread	1.5	± 3.7	3	± 5.3	6.9	± 9.2
Vegetables	3.5	± 2.7	3.2	± 2.0	3.2	± 2.4
Legumes	2.7	± 3.6	1.8	± 2.8	2.8	± 4.1
Kimchi	1.7	± 1.5	1.2	± 1.1	1.2	± 1.1
Fruits	1.2	± 3.2	1.6	± 3.6	2.5	± 4.8
Meat & its products	3.9	± 5.6	<b>21.7</b>	± 13.1	4	± 5.0
Eggs	1.3	± 2.7	1.7	± 2.8	2.2	± 3.2
Fishes	4.7	± 5.7	4.2	± 4.9	5.7	± 6.9
Milk & dairy products	1.6	± 3.9	1.9	± 4.3	3.3	± 6.3
Oils	3.2	± 3.1	3.9	± 3.4	4.2	± 3.8
Beverages	1.8	± 3.0	2.4	± 3.5	2.6	± 4.5
Alcohols	0.9	± 3.5	<b>11.1</b>	± 15.6	1.3	± 4.3

표 A2. 식사패턴과 구성된 식단과의 비교

Food groups ( % energy )	<i>Meat &amp; Alcohol</i>		<b>D. Low Vegetables, High Meat</b>	<i>Korean Healthy</i>		<b>C. High Vegetables, Low Meat</b>	<b>All Scenarios Average</b>
	Mean	SD		Mean	SD		
White rice	27.1	± 11.3	38%	27	± 11.6	<b>28%</b>	<b>34.0%</b>
Other grain	3.8	± 6.1	5%	9.7	± 13.2	0%	2.7%
Noodle & dumpling	2.1	± 5.7	0%	14.1	± 16.8	15%	5.4%
Flour & bread	3	± 5.3	0%	6.9	± 9.2	0%	1.4%
Vegetables	3.2	± 2.0	3%	3.2	± 2.4	5%	5.2%
Legumes	1.8	± 2.8	3%	2.8	± 4.1	5%	7.3%
Kimchi	1.2	± 1.1	2%	1.2	± 1.1	3%	2.2%
Fruits	1.6	± 3.6	6%	2.5	± 4.8	8%	6.2%
Meat & its products	21.7	± 13.1	<b>18%</b>	4	± 5.0	7%	8.9%
Eggs	1.7	± 2.8	0%	2.2	± 3.2	8%	3.6%
Fishes	4.2	± 4.9	8%	5.7	± 6.9	0%	3.8%
Oils	3.9	± 3.4	6%	4.2	± 3.8	7%	5.7%
Beverages	2.4	± 3.5	0%	2.6	± 4.5	8%	5.2%



표 A3. 영국에서 식품 공급사슬(Food Supply Chain) 온실가스 배출 비율  
(Garnett, 2008)

Stage in the Supply Chain	Percentage
Agriculture	40 %
Fertiliser manufacture	5 %
Food manufacturing	12 %
Packaging	7 %
Transport	12 %
Home food related	9 %
Retail	7 %
Catering	6 %
Waste disposal	2 %
	100 %

표 A4. 생산, 수송, 조리 단계별 온실가스 배출 비율

Stage	% Point	Percentage	기존 탄소발자국 자료 Percentage
생산	Agriculture	40	68%
	Fertiliser manufacture	5	
수송	Transport	12	18%
조리	Home food related	9	14%
		100%	100%

표 A5. 수정된 음식의 탄소발자국 자료

분류	음식명	온실가스(gCO <sub>2</sub> e/1인분)				조리 후 중량(g)
		생산단계	수송단계	조리단계	총합	
밥류	김밥	308	264.4	106.1	<b>678.6</b>	308
	현미밥	61	144.2	115.9	<b>321.1</b>	61
	보리밥	50	120.2	79.3	<b>249.5</b>	50
	콩밥	73	144.2	75.6	<b>292.9</b>	73
	비빔밥	1,294	432.7	137.9	<b>1864.6</b>	1,294
	김치볶음밥	283	264.4	90.3	<b>637.7</b>	283
국, 탕류	곰탕	8,312	528.9	1710.4	<b>10551.3</b>	8,312
	육개장	2,434	360.6	679.5	<b>3474.1</b>	2,434
	갈비탕	4,480	360.6	679.5	<b>5520.1</b>	4,480
	설렁탕	9,421	793.3	679.5	<b>10893.9</b>	9,421
찌개류	순두부찌개	687	240.4	40.3	<b>967.7</b>	687
	달래된장찌개	271	144.2	114.7	<b>529.9</b>	271
반찬류	총각김치	50	96.2	3.7	<b>149.8</b>	50
	달걀후라이	129	72.1	12.2	<b>213.3</b>	129
	동치미	22	48.1	3.7	<b>73.7</b>	22
	갯잎장아찌	40	24.0	36.6	<b>100.6</b>	40
	무생채	27	96.2	0.0	<b>123.2</b>	27
	열무김치	152	120.2	7.3	<b>279.5</b>	152
	제육편육	350	144.2	197.6	<b>691.9</b>	350
	숙주나물	59	120.2	42.7	<b>221.9</b>	59
	오이생채	298	72.1	0.0	<b>370.1</b>	298
	잡채	447	120.2	129.3	<b>696.5</b>	447
	애호박나물	447	120.2	15.9	<b>583.1</b>	447
	달걀찜	134	72.1	62.2	<b>268.3</b>	134
	김치전	261	168.3	12.2	<b>441.5</b>	261
	오징어볶음	564	216.4	15.9	<b>796.2</b>	564
면류	국수장국	1,386	216.4	466.0	<b>2068.4</b>	1,386
	해물칼국수	190	216.4	197.6	<b>604.0</b>	190
	물냉면	2,023	336.6	494.1	<b>2853.7</b>	2,023
	비빔냉면	923	432.7	161.0	<b>1516.8</b>	923
	비빔국수	1,233	288.5	84.2	<b>1605.7</b>	1,233
죽류	호박죽	474	168.3	464.8	<b>1107.1</b>	474
	팥죽	83	120.2	478.2	<b>681.4</b>	83

표 A6. 수정된 탄소발자국 자료를 이용한 식단의 환경영향 추정결과 ( 온실가스 배출량 )

	Baseline	A. Low Meat	B. High Vegetables	C. High Vegetables, Low Meat	D. Low Vegetables, High Meat	E. No Meat	F. High Meat
생산단계 (gCO <sub>2</sub> e)	1778.84 ( 35% )	2174.24 ( 40% )	6756.23 ( 59% )	3840.66 ( 57% )	5434.43 ( 61% )	1548.12 ( 32% )	8562.12 ( 71% )
운송단계 (gCO <sub>2</sub> e)	2047.20 ( 41% )	2221.45 ( 41% )	2535.29 ( 22% )	2201.78 ( 33% )	2225.26 ( 25% )	2235.50 ( 46% )	2050.29 ( 17% )
조리단계 (gCO <sub>2</sub> e)	1219.57 ( 24% )	974.08 ( 18% )	2125.14 ( 19% )	711.20 ( 11% )	1266.15 ( 14% )	1119.66 ( 23% )	1417.65 ( 12% )
총 합계 (gCO <sub>2</sub> e) ( % of baseline level)	5045.61	5369.78 106%	11416.65 226%	6753.64 134%	8925.85 177%	4903.28 97%	12030.06 238%

## 참고 문헌

- Aston, L. M., Smith, J. N., & Powles, J. W. (2012). Impact of a reduced red and processed meat dietary pattern on disease risks and greenhouse gas emissions in the UK: a modelling study. *BMJ open*, 2(5), e001072.
- Cho, Y. A., Kim, J., Cho, E. R., & Shin, A. (2011). Dietary patterns and the prevalence of metabolic syndrome in Korean women. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 21(11), 893-900.
- Cleveland, D. A., Hallström, E., Gee, Q., Donnelly, N., & Scarborough, P. (2014). The potential for reducing greenhouse gas emissions from health care via diet change in the US.
- Dauchet, L., Amouyel, P., & Dallongeville, J. (2005). Fruit and vegetable consumption and risk of stroke a meta-analysis of cohort studies. *Neurology*, 65(8), 1193-1197.
- Dauchet, L., Amouyel, P., Hercberg, S., & Dallongeville, J. (2006). Fruit and vegetable consumption and risk of coronary heart disease: a meta-analysis of cohort studies. *The Journal of nutrition*, 136(10), 2588-2593.
- Deurer, M., Clothier, B., 허근영, 전기일, 김인혜, & 김대일. (2011). 과수의 탄소발자국 표지를 위한 LCA 동향 및 해석. *원예과학기술지*, 29(5), 389-406.
- Garnett, T. (2008). Cooking up a storm. *Food, greenhouse gas emissions and our changing climate*. Guildford, UK: Food Climate Research Network, Centre for Environmental Strategy, University of Surrey.
- Green, R., Milner, J., Dangour, A. D., Haines, A., Chalabi, Z., Markandya, A., . . . Wilkinson, P. (2015). The potential to reduce greenhouse gas emissions in the UK through healthy and realistic dietary change. *Climatic Change*, 129(1-2), 253-265.
- Hendrie, G. A., Ridoutt, B. G., Wiedmann, T. O., & Noakes, M. (2014). Greenhouse gas emissions and the Australian Diet—comparing dietary recommendations with average intakes. *Nutrients*, 6(1), 289-303.
- Hong, S., Song, Y., Lee, K. H., Lee, H. S., Lee, M., Jee, S. H., & Joung, H. (2012). A fruit and dairy dietary pattern is associated with a reduced risk of metabolic syndrome. *Metabolism*, 61(6), 883-890.
- Houghton, J., Ding, Y., Griggs, D., Noguer, M., Van der Linden, P., Dai, X., . . . Johnson, C. (2001). IPCC 2001: Climate Change 2001. *The Climate change Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 159.

- IPCC. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. 151 pp.
- Kim, J., & Jo, I. (2011). Grains, vegetables, and fish dietary pattern is inversely associated with the risk of metabolic syndrome in South Korean adults. *Journal of the American Dietetic Association*, 111(8), 1141-1149.
- Lopez, A. D., & Project, D. C. P. (2006). *Global Burden of Disease and Risk Factors*: World Bank Publications.
- McMichael, A. J., Powles, J. W., Butler, C. D., & Uauy, R. (2007). Food, livestock production, energy, climate change, and health. *The lancet*, 370(9594), 1253-1263.
- Micha, R., Wallace, S. K., & Mozaffarian, D. (2010). Red and processed meat consumption and risk of incident coronary heart disease, stroke, and diabetes mellitus a systematic review and meta-analysis. *Circulation*, 121(21), 2271-2283.
- Milner, J., Green, R., Dangour, A. D., Haines, A., Chalabi, Z., Spadaro, J., . . . Wilkinson, P. (2015). Health effects of adopting low greenhouse gas emission diets in the UK. *BMJ open*, 5(4), e007364.
- Pan, A., Sun, Q., Bernstein, A. M., Schulze, M. B., Manson, J. E., Willett, W. C., & Hu, F. B. (2011). Red meat consumption and risk of type 2 diabetes: 3 cohorts of US adults and an updated meta-analysis. *The American journal of clinical nutrition*, 94(4), 1088-1096.
- Scarborough, P., Allender, S., Clarke, D., Wickramasinghe, K., & Rayner, M. (2012). Modelling the health impact of environmentally sustainable dietary scenarios in the UK. *European journal of clinical nutrition*, 66(6), 710-715.
- Scarborough, P., Appleby, P. N., Mizdrak, A., Briggs, A. D., Travis, R. C., Bradbury, K. E., & Key, T. J. (2014). Dietary greenhouse gas emissions of meat-eaters, fish-eaters, vegetarians and vegans in the UK. *Climatic Change*, 125(2), 179-192.
- Smith, K. R., Woodward, A., Campbell-Lendrum, D., Chadee, D. D., Honda, Y., Liu, Q., . . . Sauerborn, R. (2014). Human health: impacts, adaptation, and co-benefits. In C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea & L. L. White (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change* (pp. 709-754). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Song, Y., & Joung, H. (2012). A traditional Korean dietary pattern and metabolic syndrome abnormalities. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 22(5), 456-462.

- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., & Haan, C. d. (2006). *Livestock's long shadow: environmental issues and options*: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Tukker, A., Goldbohm, R. A., De Koning, A., Verheijden, M., Kleijn, R., Wolf, O., . . . Rueda-Cantuche, J. M. (2011). Environmental impacts of changes to healthier diets in Europe. *Ecological Economics*, 70(10), 1776-1788.
- Viechtbauer, W. (2010). Conducting meta-analyses in R with the metafor package. *Journal of Statistical Software*, 36(3), 1-48.
- Vieux, F., Darmon, N., Touazi, D., & Soler, L. G. (2012). Greenhouse gas emissions of self-selected individual diets in France: Changing the diet structure or consuming less? *Ecological Economics*, 75, 91-101.
- WCRF. (2007). Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: a Global Perspective. *WCRF/AICR (World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research)*.
- West, J. J., Smith, S. J., Silva, R. A., Naik, V., Zhang, Y., Adelman, Z., . . . Lamarque, J.-F. (2013). Co-benefits of mitigating global greenhouse gas emissions for future air quality and human health. *Nature climate change*, 3(10), 885-889.
- Yip, C. S. C., Crane, G., & Karnon, J. (2013). Systematic review of reducing population meat consumption to reduce greenhouse gas emissions and obtain health benefits: effectiveness and models assessments. *International journal of public health*, 58(5), 683-693.
- 곽노성. (2011). 식품 분야 탄소성적 표시제 운영현황 및 개선과제. *보건복지포럼*, 68-80.
- 김창길, 장정경, 권희민, & 남재작. (2009). 탄소성적표지제도의 농업분야 적용과 시사점. *한국농촌경제연구원 정책연구보고서*, 1-99.
- 농촌진흥청. (2012). *건강한 상차림 길잡이(실물로 보는)* (대한지역사회영양학회 Ed.): 교문사.
- 보건복지부, 한국영양학회, & 식품의약품안전청. (2010). *한국인 영양섭취기준(개정판)*: 한국 영양 학회.
- 서구원. (2012). 국내 주요 농산물의 푸드마일리지와 이산화탄소 배출량 분석. *한국대기환경학회지 (국문)*, 28(6), 706-713.
- 성미애, 김대곤, 이재범, 류지연, & 홍유덕. (2011). 푸드 마일리지를 이용한 식품의 이산화탄소 감축 잠재량 평가. *한국기후변화학회지*, 2(1), 15-32.

소규호, 유종희, 심교문, 이길재, 노기안, 이덕배, & 박정아. (2010). 감자의 생산과정에서 발생하는 탄소배출량 산정과 전과정평가의 적용. *한국토양비료학회지*, 43(5), 606-611.

송창근, 이석조, & 윤중수. (2011). 기후변화와 대기환경의 통합적 관리에 대한 고찰. *한국대기환경학회지 (국문)*, 27(6), 805-818.

한국전통음식연구소. (2008). *아름다운 한국 음식 300 선*. 질시루.

## **Abstract**

# **The Health Co-benefits of Changing Dietary Greenhouse Gas Emissions (GHGe) through Dietary Scenarios in Korea**

Eunhye Seol

Dept. of Epidemiology and Biostatistics

Graduate School of Public Health

Seoul National University

Climate change is the biggest global health threat in the 21st century. One of the most important causes of climate change is greenhouse gas emissions (GHGe). To come up with the effective climate change mitigation, many countries carry out greenhouse gas emission reduction policies. In the process of mitigation, actions to reduce greenhouse gas emissions bring not only cleaner air quality but also improved health. Concepts of Co-benefits are emphasized in the IPCC fifth assessment report. In Chapter 11 of IPCC Working Group 2, one of the co-benefits categories includes “Healthy low greenhouse gas emission diets, which can have beneficial effects on a range of health outcomes”. Dietary greenhouse gas emission estimation and health impact of low GHGe diet have been studied in Europe (especially UK and France), Australia, and USA. However, any studies do not have been conducted at all in Korea.

So, this study focused on dietary greenhouse gas emission using dietary scenarios in Korea. It attempted to quantify the potential co-benefits to the



environment and the health by changing dietary intake.

With some food carbon footprint which is measured using a life cycle assessment (LCA), mainly Korean food, 6 diet scenarios (Scenario A to E) are designed. For comparison, the recommended diet example by Korea Nutrition Society was used as a baseline scenario. Environmental impacts of diet scenario could be quantified by the sum of greenhouse gas emissions (gCO<sub>2</sub>e). Health co-benefits of diet scenario could be quantified by relative risk ratio of disease mortality resulting from changes in consumption of food group, compared to baseline scenario. The selected dietary exposures are consumption of fruit, vegetables, and red meat, and the selected health outcomes are coronary heart disease, stroke, type 2 diabetes, and several cancers (oral cancer(mouth/pharynx/larynx), oesophagus cancer, stomach cancer, colorectal cancer).

The result of GHGe estimation for diet scenarios shows that dietary GHGe mostly occurred in the stages of production (78%), but rarely occurred in the stages of transportation (2%). Among the designed scenario, the plant-based diet which contains no meat (Scenario E, No Meat) has a 10% reduction in GHGe compared to the baseline scenario. The largest one is the diet which contains a lot of meat consumption (Scenario F, High Meat), that is 3.5 times higher than the baseline scenario. These results revealed the production of meat accounted for the biggest part of greenhouse gas emission.

The results of health co-benefits for Low Meat diet(Scenario A) and High Meat diet(Scenario B) vary from disease to disease. But the results of High Vegetables, Low Meat diet(Scenario C) and No Meat diet(Scenario E) indicate a decrease in

relative risk of all diseases, while those of Low Vegetables, High Meat(Scenario D), and High Meat diet(Scenario F) indicate an increase in relative risk of all diseases.

In this study, in the comparison of baseline diet, we quantified the environmental effects and health co-benefits impact of 6 Korean domestic diet scenario. All scenarios would be realistic to meet the recommended daily intake. There is a positive relationship between the GHG emissions and health effect: As dietary GHG emissions increase, relative risk of diseases become high. However, it is thought to be desirable to recommend a diet not only in the aspect of greenhouse gas emission, but also in the nutritional aspect. Further research is required to develop the environmentally sustainable diet which also produce health co-benefits especially in Korea. This study would provide the basis for further study.

**Keywords :** Greenhouse gas emissions, Dietary scenario, Health Co-benefits,  
Climate change

**Student Number :** 2014-23311